Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 4, Oct- Nov 2017, p. 528-539

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 13، شماره 4، مهر - آبان 1396، ص. 539-528

ارزیابی تاثیر زمان رسانیدن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد

سجاد قادری[1]- مصطفی مظاهری طهرانی*[2]- سید محمد علی رضوی[2]

تاریخ دریافت: 1395/02/17
تاریخ پذیرش: 1395/08/19

چکیده

هدف مهم از انجام این پژوهش بررسی اثر زمان رسانیدن بر تغییرات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی بستنی بهینه شده گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد در مقایسه با بستنی معمولی بود. بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی گیاهی با استفاده از پارامترهای بافتی به‌هم مرتبط، روش سطح پاسخ و طرح D-optimal انجام پذیرفت و بهترین نسبت شیر سویا به شیر کنجد (55 به 45 درصد) به‌دست آمد. سپس همه آزمون‌های مورد بررسی در طی زمان‌های مختلف رسانیدن 0، 2، 4، 6، 8 و 24 ساعت اندازه‌گیری شدند. بررسی نتایج رئولوژیکی و بافتی نشان داد که فرآیند رسانیدن به‌طور معنی‌داری (P<0/05) بر روی این خصوصیات بویژه ویسکوزیته، ضریب قوام و سفتی بافت تأثیرگذار بود بطوریکه شیب این تغییرات در طی زمان رسانیدن برای مخلوط بستنی بهینه شده گیاهی بیشتر بود. همچنین با افزایش زمان رسانیدن اورران و مقاومت به ذوب هردو نمونه بستنی به‌طور معنی‌داری (P<0/05) بیشتر شد بطوریکه افزایش مقاومت به ذوب برخلاف اوران، در نمونه بستنی بهینه شده گیاهی بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. بطور کلی، بهترین زمان رسانیدن برای اعمال تغییرات کیفی مناسب در بستنی معمولی و بهینه شده گیاهی به ترتیب 6 و 8 ساعت بود. تفاوت در نوع و مقدار متفاوت پروتئین‌ها خصوصاً کازئین در فرمولاسیون، مهم‌ترین علت ایجاد تغییرات متفاوت هر دو نوع بستنی در طی فرآیند رسانیدن بوده است.

واژه‌های کلیدی: رسانیدن، بستنی گیاهی، سویا، کنجد

مقدمه

بستنی فراورده منجمدی است که از شیر و مشتقات آن تهیه می‌شود. یک فراورده غذایی مشهور که به دلیل دارا بودن سه فاز جامد (کریستال یخ و چربی)، مایع (محلول شکر) و گاز (حباب‌های هوا) می‌تواند به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین مواد غذایی مطرح باشد. فرایندهای لازم برای اکثر دسرهای لبنی منجمد شبیه هم می‌باشد، اختلاط اجزای غیرمنجمد، پاستوریزاسیون، هموژنیزاسیون، سرد کردن، رسانیدن در 4 درجه سانتی‌گراد، سپس انجماد آمیخته بستنی در دمای نزدیک به 5- درجه سانتی‌گراد در فریزر مکانیکی (بستنی‌ساز) و نهایتا سخت کردن در دمای 25- تا30- درجه سانتی‌گراد (Goff *et al*., 2013).

رسانیدن بستنی در مراحل تولید بستنی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون، شکل فیزیکی مواد جامد معلق موجود در آمیخته بستنی را تغییر می‌دهند که پاستوریزاسیون چربی را ذوب کرده و هموژنیزاسیون اندازه گلبول های چربی را کاهش می‌دهد و غشاهای جدید و متفاوتی برای گلبول‌های چربی تشکیل می‌شود. آمیخته پس از هموژنیزاسیون باید بلافاصله در مرحله رسانیدن در دمای صفر تا 5 درجه سانتی‌گراد سرد شود و سپس در مخازن نگهداری مجهز به سیستم سردکننده نگاه داشته شود. در مرحله رسانیدن بستنی قابلیت زده شدن مخلوط بستنی بهتر شده و بافت و پیکره محصول نهایی بهبود می‌یابد. در حین رسانیدن، زمان کافی برای کریستاله شدن چربی فراهم می‌آید و پروتئین شیر و قوام دهنده‌ها می‌توانند آب آزاد را به‌صورت هیدراته جذب کنند که برای این عمل به چندین ساعت زمان نیاز هست. در گذشته زمان رسانیدن را 24 ساعت در نظر می‌گرفتند که امروزه صنعت به این نتیجه رسیده است که بیش از 2 تا 4 ساعت زمان رسانیدن از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست (مرتضوی و همکاران، 1384).

یکی از فراورده‌های پروتئینی کنجد تولید عصاره شیر مانندی است که اصطلاحاً به آن شیر کنجد می‌گویند. این شیر از جنبه‌های مختلف مفید می‌باشد. قسمت اعظم چربی شیر کنجد از چربی غیراشباع تشکیل شده است. نکته حائز اهمیت فقدان قند لاکتوز در

---

1 و 2- دانشجوی دکتری و استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: mmtehrani57@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.55743

شیر کنجد است، در نتیجه مشکل جذب لاکتوز که بـه عـدم تحمـل لاکتوز در محصولات لبنی معروف است رفـع خواهـد شـد. از نکـات بسیار جالب از شیر کنجد طعم کنجدی آن است که بر خـلاف سـایر طعم‌های گیاهی، خوش طعم بوده و از این لحاظ نسبت به شیر سویا برتری دارد (jihad *et al*., 2009).

شیر سویا معروف‌ترین شیر گیاهی مورد استفاده در تهیه بسـتنی اسـت زیـرا ایـن محصـول حـاوی ایزوفلاونهـا، اولیگوسـاکاریدهای پریبیوتیـک، اکثـر اسـیدهای آمینـه ضـروری، مـواد معـدنی و اکثـر ویتامین‌های محلول در آب و چربی می‌باشند و این امر موجب گردیده سویا و فرآورده‌های آن جزء غذاهای فراسـودمند دسـته‌بنـدی گـردد (Kwok *et al*., 2002).

محققان در پژوهشی بیان داشتند که پروتئین‌های کنجد می‌توانند به‌عنوان عاملی برای ایجاد کف، امولسیون و ژل در طیف وسـیعی از مواد مورد استفاده قـرار گیرنـد (Escamilla-Silva *et al*., 2003). مهدیان و همکاران (1390) اثر کاربرد آرد کامل سویا بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی را مورد بررسی قرار داد. در پـژوهش آن‌ها افزایش درصد آرد سویا در ترکیب بستنی باعـث کـاهش وزن مخصوص نمونه‌ها و افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها شـد. اسـدی‌نـژاد و همکاران (1387) تأثیر نوع پایدارکننده و زمان رسانیدن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی نرم را بررسی نمودند. آن‌ها دریافتنـد که زمان رسانیدن بر برخی خصوصیاتماننـد pH و وزن مخصـوص تأثیر معنی‌داری ندارد اما بر سایر خصوصیات فیزیکوشـیمیایی ماننـد اووران، مقاومت به ذوب و پارامترهای بافتی تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و همه این پارامترها را بهبود می‌دهد. درویسـگلو همکـاران (2005)، کنسانتره پروتئینی سویا را در سطوح مختلف جـایگزین مـاده جامـد بدون چربی شیر نمـوده و مشـاهده کردنـد کـه افـزودن کنسـتانتره پروتئینی سویا باعث کاهش سفیدی و ضریب افزایش حجم و افزایش میزان مقاومت به ذوب نمونه‌ها گردید. هرالد و همکـاران (2008) بـا استفاده از ایزوله پروتئینی سویا را بـه‌عنـوان جـایگزین تخـم‌مـرغ در بستنی وانیلی فرانسوی بـا نشاسـته اصـلاح‌شـده ذرت و کنسـتانتره پروتئینی آب پنیر مورد مقایسه قرار دادند. طبق نتایج به‌دسـت آمـده نمونه حاوی ایزوله پروتئینی سویا دارای سفتی بیشتر و پذیرش حسی پایین‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها بود.

بخش اعظمی از افرادی که در جامعه زندگی می‌کنند تنهـا مـواد گیاهی مصـرف مـی‌کننـد و در تـأمین برخـی محصـولات جـذاب و خوشمزه مانند بستنی و فرآورده‌های لبنی مشکل اساسـی دارنـد، لـذا تولید بستنی گیـاهی بـر پایـه شـیرهای گیـاهی عـلاوه بـر داشـتن خصوصیات سلامتی بخش که فاقد چربی حیوانی است و کمـک بـه افراد گیاه‌خوار، یک کالای جدید محسوب می‌شود کـه بـازار مصـرف خوبی را برای تولیدکنندگان مهیا خواهد ساخت که می‌تواننـد از ایـن بازار برای منافع اقتصـادی بهـره‌منـد شـوند. از سـوی دیگـر مرحلـه رسـانیدن عـلاوه بـر داشـتن نقـش اساسـی در ایجـاد خصوصـیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بـافتی بسـتنی، در ایجـاد خصوصـیات پذیرش هوا و اووران و در واقع بحث اقتصاد تولید بستنی بسیار حـائز اهمیت می‌باشد. لذا هدف از انجام ایـن پـژوهش بررسـی اثـر زمـان رسانیدن بر روی تغییرات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی بستنی بهینه شده گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد در مقایسه با بستنی معمولی است و بررسی این نکته که آیا پـروتئین‌هـای گیـاهی تـأثیر مثبت یا منفی نسبت به کازئین در فرآیند رسانیدن اعمال می‌کنند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، آرد سویا (19 درصد چربی و 76/5 درصـد مـاده خشک بدون چربـی) از شـرکت تـوس سـویان مشـهد ایـران، شـیر استریلیزه و هموژنیزه (1/5 درصد چربی) از شرکت صنایع لبنی پگـاه خراسان، خامه استریلیزه و همـوژنیزه (30 درصـد چربـی) از شـرکت صنایع لبنی پگاه خراسان، پایدارکننده تجاری پانیسول ex (دنیسـکو، دانمارک)، شیر خشک بدون چربی از شرکت صنایع لبنی پگاه خراسان و شکر، وانیل و نمونه کنجد مرغوب پوست‌گیری شده از فروشگاه‌های معتبر خریداری گردیدند.

تهیه شیر سویا

آرد سویا تهیه شده به نسبت 1:5 در آب مقطر با دمای 85 درجه سانتی‌گراد (یک قسمت آرد سویا و پنج قسمت آب) مخلوط گردید و سپس به مدت 15 دقیقه در مخلوط‌کن بـا دور متوسـط 700 دور در دقیقه مخلوط گردید. سپس مخلوط تهیه شـده را بـه دمـای 50-40 درجه سانتی‌گراد رسانده و با پارچه صافی دو لایه فیلتر گردید (مـاده خشک انتهایی شیر کنحد بین 12 -11 تنظیم گردد). در انتهـا سـرد شده در ظروف مناسب در دمای 80 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 ثانیه پاستوریزه شد و تا زمان مصرف در ظروف در بسته در یخچال با دمای 5-4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (یگانه‌زاد، 1386).

تهیه شیر کنجد

کنجد به نسبت 1:3 (یک قسمت کنجد و سه قسمت آب) با آب مقطر مخلوط شد و سپس به مدت 16 ساعت در دمای محیط گذاشته شد. سپس کنجد با آب شستشو داده شد و پس از مخلوط شدن با آب به نسبت 1:2 و در دمای 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه بلانچ شد. پس از آبکشی و شستشوی مجدد کنجد بـه نسـبت 1:5 بـا آب مقطر مخلوط شده و به مدت 20 دقیقه در مخلوط‌کن با دور متوسـط 700 دور در دقیقه مخلوط گردید. پس از نگهداری مخلوط به مدت 1 ساعت در دمای اتاق، با پارچه صافی دو لایه فیلتر گردید (بطوریکـه ماده خشک انتهایی شیر کنجد بین 12-11 تنظیم گردد). در انتها شیر

در ظروف مناسب در دمای 80 درجه سانتی‌گراد بـه مـدت 15 ثانیـه پاستوریزه شد و تا زمان مصرف در ظروف در بسته در یخچال با دمای 4-5 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Ahmadian *et al.*, 2014).

تهیه نسبت بهینه شیر سویا به شیر کنجد

برای بهینه‌سازی دقیق فرمولاسیون بستنی گیاهی بر پایـه شـیر سویا و شیر کنجد بر اساس سه پارامتر بافتی بـه‌هـم مـرتبط و روش سطح پاسخ و از طرح D-optimal استفاده گردید تا نسـبت بهینـه از شیرهای گیاهی برای تهیه بستنی با بهترین بافت به دست آید. برای این منظور از سه پارامتر سفتی، قوام و مدول ظاهری الاستیسیته کـه سنجشی برای سفتی بافت محسوب می‌شوند و بـا اسـتفاده از نمونـه شاهد تهیه شده از شیر گاو نسبت بهینه به‌دست آمـد. سـپس فرآینـد رسانیدن با توجه به اندازه‌گیـری و مقایسـه خصوصـیات رئولـوژیکی، بافتی و فیزیکوشیمیایی نمونه بستنی بهینه شده و نمونه شاهد در طی زمان‌های متفاوت رسانیدن مورد ارزیابی قرار گرفت.

تهیه بستنی

فرمولاسیون بستنی معمولی شامل 10 درصد چربـی، 15 درصـد شکر، 11 درصد ماده جامد بدون چربی شیر، 0/5 درصد پایدارکننـده، 0/1 درصد وانیل بود. یک معادله سه مجهولی بر اساس فرمول مذکور و همچنین مقدار ماده خشک و چربی هر کدام از شـیرهای گیـاهی و شیر معمولی و به طور جداگانه در نرم‌افزار اکسل 2010 طراحی گردید و بر اساس آن وزن همه ترکیبات مشخص گردید. پـس از بـه‌دسـت آوردن نسبت بهینه بر اساس طراحی آزمایش توسط نرم‌افزار، نسـبت شیر سویا به شیر کنجد تهیه شده و پس از تـوزین اجـزاء دیگـر لازم برای فرمولاسیون‌های متفاوت بستنی میکس ابتدا مواد مـایع شـامل هر کدام از شیرهای گیاهی، شـیر گـاو و خامـه ضـمن حـرارت دادن ملایم تا حداکثر دمای 50-45 درجه سانتی‌گراد مرتباً هم زده شـدند. پس از آن، مخلوط مواد جامد شامل شکر، شیر خشک بـدون چربـی، امولسیفایر و وانیل به مایع حرارت دیده اضافه و پس از حل شدن بـه وسیله همـزن (Sunny, Model SM-65, Germany) بـه مـدت 3 دقیقه کاملاً مخلـوط شـده و در دمـای 80 °C بـه مـدت 25 ثانیـه پاسـتوریزه و توسـط هموژنـایزر (Ultra Turrax T25D IKA, Germany) به مدت 3 دقیقه در دور 15000 هموژن گردیـد. سـپس بلافاصله به کمک حمام آب، یخ و نمک تا دمای 5 °C سرد شد. پس از آن، مرحله رسانیدن در زمان هـای 0، 2، 4، 6، 8 و 24 سـاعت در یخچال (دمای 5 ±0/5 °C) انجام شد. مخلوط بستنی همه نمونه‌های تهیه شده، پس از طی مرحله رسانیدن به مدت 20 دقیقه در دسـتگاه بسـتنی‌سـاز غیرمـداوم (ICK 5000, Delonghi, Germany) قـرار گرفتند. در پایان، نمونه‌هـا در ظـروف پلاسـتیکی درب دار ریختـه و کدگذاری شدند و حداقل به مدت 24 ساعت در فریزر -18 °C قـرار گرفتند. ضمناً نمونه بستنی معمولی از شیر گاو با مواد و روش یکسان و در طی زمان‌های رسانیدن 0، 2، 4، 6، 8 و 24 سـاعت بـه‌عنـوان نمونه شـاهد تولیـد گردیـد (Bahramparvar *et al.*, 2011). همـه متغیرها در نمودارها با عناوین موجود در جدول 1 تعریف گردید.

جدول 1- تعریف متغیرهای بکار رفته در نمودارهای رئولوژیکی و بافی

نام نمونه	تعریف
Control	نمونه بستنی شاهد
Control 0	نمونه بستنی شاهد بدون از طی زمان رسانیدن
Control 4	نمونه بستنی شاهد با 4 ساعت زمان رسانیدن
Control 8	نمونه بستنی شاهد با 8 ساعت زمان رسانیدن
Optimized	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی
Optimized 0	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی بدون از طی زمان رسانیدن
Optimize 4	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی با 4 ساعت زمان رسانیدن
Optimize 8	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی با 8 ساعت زمان رسانیدن

آزمون‌های مربوط به مخلوط و بستنی

اندازه‌گیری مقدار پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌هـای بسـتنی بـه روش کلـدال انجـام پذیرفت (استاندارد ملی شماره 639).

آزمون رئولوژیکی

ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی، پس از طی زمـان رسانیدن آن‌ها با استفاده از ویسـکومتر چرخشـی بـوهلین (Bohlin Model Visco 88, Bohlin instruments, UK) مجهـز بـه سـیرکولاتور حرارتـی (Julabo, Model F12-MC, Julabo

(Labortechnik, Germany در دمـای 5±0/5°C و درجـه بـرش 51/8 1/s تعیین گردید. رفتار جریان نمونه‌ها بـا مـدل قـانون تـوان مقایسه شدند. رابطه این معادله در زیر آورده شده است (Akalin *et al.*, 2008).

$$\tau = k(\gamma)^n \qquad (1)$$

آزمون بافتی

از دسـتگاه آنـالیز بافـت (Texture Analyzer Brookfield CT3-10kg ,US) برای ارزیابی بافت نمونه‌های 50 گرمی تهیه شده از همه بستنی‌ها استفاده گردید. بدین منظور از پروبی به قطر 6 mm برای نفوذ به عمق 15 mm نمونه‌ها با سرعت 2 mm/s استفاده شد. بیش‌ترین نیروی فشاری طی نفوذ به‌عنوان سفتی[1] تعریف شد. سطح بیش‌ترین نیروی منفی طی برگشت پروب به‌عنوان چسبندگی[2] در نظر گرفته شد، همچنین مدول ظاهری الاستیسیته[3] بـه‌عنـوان بخشـی از منحنی که شاخص جزء الاستیک ماده است و قوام[4] به‌صورت سـطح زیر منحنی تا رسیدن به تغییر شکل هدف تعریف گردید (Akalin *et al.*, 2008).

مقاومت به ذوب

برای این منظور مقدار 30 گرم از نمونه بستنی بعد از سخت شدن در یـک قیـف بـوخنر ریختـه و روی دهانـه یـک ارلـن مـایر 500 میلی‌لیتری قرار داده شد. ارلن و نمونه را به مدت 15 دقیقه در دمای 25 درجه سانتی‌گراد قرار داده و بعد از ایـن مـدت وزن بسـتنی ذوب شده اندازه‌گیری شده و درصد مقاومت به ذوب از رابطه زیر محاسـبه گردید (مهدیان و همکاران، 1390).

(2) 100× (وزن نمونه بستنی /(وزن نمونه بستنی- وزن نمونه ذوب شده))= درصد مقاومت به ذوب

اووران

ضریب افزایش حجم بستنی از طریق توزین حجـم مشخصـی از بستنی قبل و بعد از مرحله انجماد و محاسبه درصد اختلاف آن‌ها بـر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Bahramparvar *et al.*, 2008).

() 100× (وزن همان حجم از بستنی/(وزن حجم معینـی از مخلـوط بستنی- وزن همان حجم از بستنی))= ضریب افزایش حجم

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی گیاهی بر پایه شیر سـویا و کنجد از نرم‌افزار Design Expert، روش سطح پاسخ و از طـرح D-optimal استفاده شده و بهترین نسبت بهینه شیر سویا به شیر کنجد انتخاب گردید. تیمار مورد مطالعه در این آزمـون زمـان رسـانیدن بـا سطوح 0، 2، 4، 6، 8 و 24 ساعت بود. داده‌هـای بدسـت آمـده ایـن مطالعه بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌هـا از آزمون دانکن در سطح آماری 95 درصـد ($P<0/05$) اسـتفاده شـد و منحنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند.

بحث و نتایج

بهینه‌سازی فرمولاسیون

بهینه‌سازی فرمولاسیون بر اساس سه پارامتر به هم وابسته بافتی شامل سفتی، قوام و مـدول الاستیسـیته انجـام گرفـت. پـنج سـطح نرم‌افزار تعریف گردیـد و بـر اسـاس آن پارامترهـای خروجـی بـرای نرم‌افزار تعریف گردید و با توجه به نتایج به‌دست آمده از نمونه شاهد و بر اساس نمونه‌های فیکس شده توسط مدل با ضریب مطلوبیت بـالا بهترین نسبت شیر سویا (55 درصد) به شیر کنجد (45 درصد) بـرای تهیه بستنی گیاهی با بهترین خصوصیات بافتی به‌دست آمـد (شـکل 1). برای اعتبارسنجی فرمول بهینه پیشنهاد شده توسـط نـرم‌افـزار، آزمایش با دو تکرار انجام شد که در آن از نسبت بهینه شـیرها بـرای تهیه بستنی استفاده گردید و مقدار پاسخ‌ها اندازه‌گیری شده با نتـایج پیش‌بینی شده مقایسه گردید. همـان‌طـور کـه در جـدول شـماره 2 مشخص است نتایج بسیار به همدیگر نزدیک بود که نشـان دهنـده اعتبار مدل و مقادیر به‌دست آمده برای نسبت دو شیر گیاهی بود.

مقدار پروتئین بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی

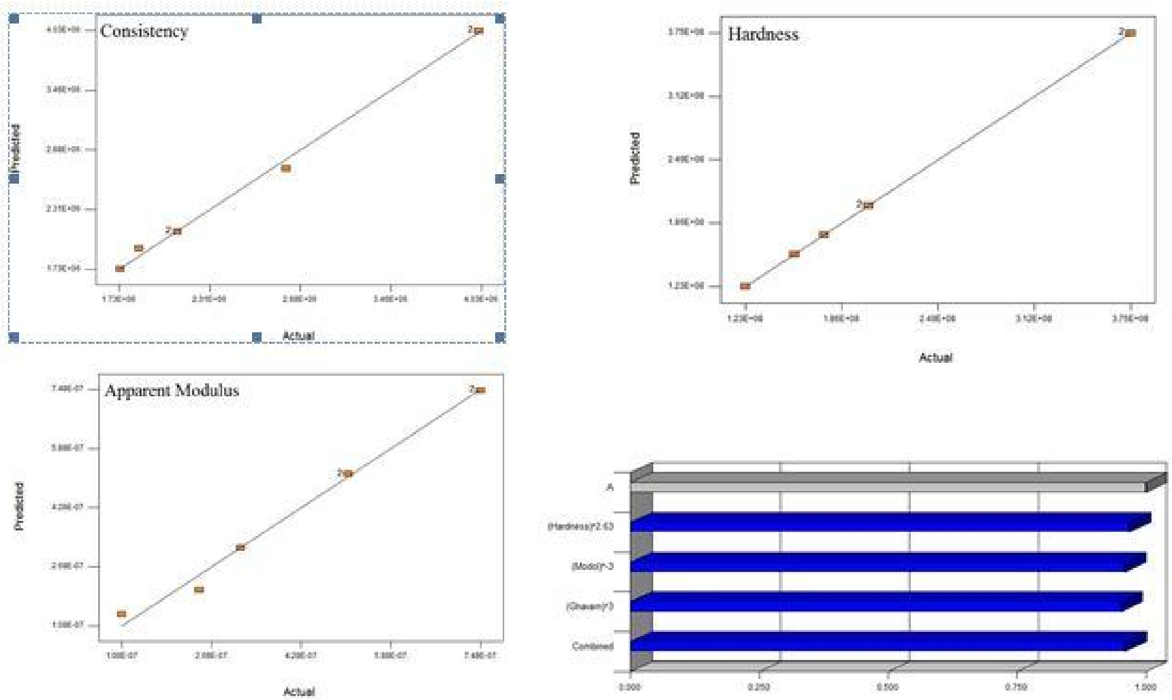
پس از رسیدن به نسبت بهینه مقدار پروتئین بستنی تهیه شده با فرمول بهینه گیاهی و بستنی معمولی محاسبه گردید. مقدار پـروتئین بستنی بهینه شده گیاهی 3/07 گرم در 100 گرم نمونه بود که از این مقدار حدود 1/1 آن پروتئین شیر گاو و بقیه پروتئین گیاهی بود. برای بستنی معمولی 2/73 گرم در 100 گرم نمونه بود که همه آن پروتئین شیر گاو محسوب گردید.

بررسی تأثیر زمان رسانیدن بر تغییرات رئولـوژیکی مخلـوط بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی

بررسی نتایج مربوط به تغییرات رئولوژیکی در زمان‌های مختلف در نمودارهای 2 نشان داده شده است. همانطور کـه مشـخص اسـت مـدل تـوان کـارایی بسـیار زیـادی ($R^2 \geq 0/99$) در توصـیف رفتـار رئولوژیکی همه نمونه‌های مخلوط بستنی بهینه‌شده و معمولی داشت. ویسکوزیته ظاهری همه نمونه‌ها با افزایش درجه برشی کاهش یافت

---
1 Hardness
2 Adhesiveness
3 Apparent modulus of elasticity
4 Consistency

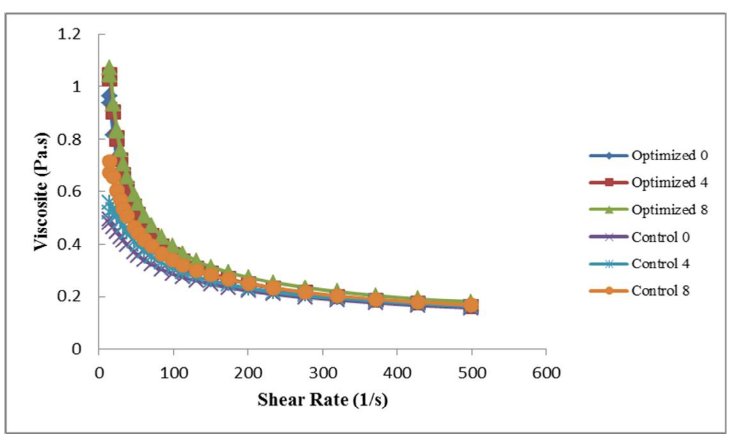
(شکل 2). از سوی دیگر نتایج نشان داد که همه نمونه‌های مورد بررسی در طی همه زمان‌های رسانیدن رفتار سودوپلاستیک یا شل شونده با افزایش درجه برشی داشتند.



شکل 1- بهینه‌سازی نسبت شیر سویا به شیر کنجد با استفاده از پارامترهای سفتی، قوام و مدول ظاهری الاستیسیته

جدول 2- مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای بافتی بدست آمده آزمایشگاهی با مقادیر نرم‌افزاری نسبت بهینه

پارامتر/نوع بستنی	بستنی بهینه (نرم افزار)	بستنی بهینه (محاسبه تجربی)
سفتی بافت	1217/91	1209
قوام	122/6	111/7
مدول ظاهری	196/39	195/426

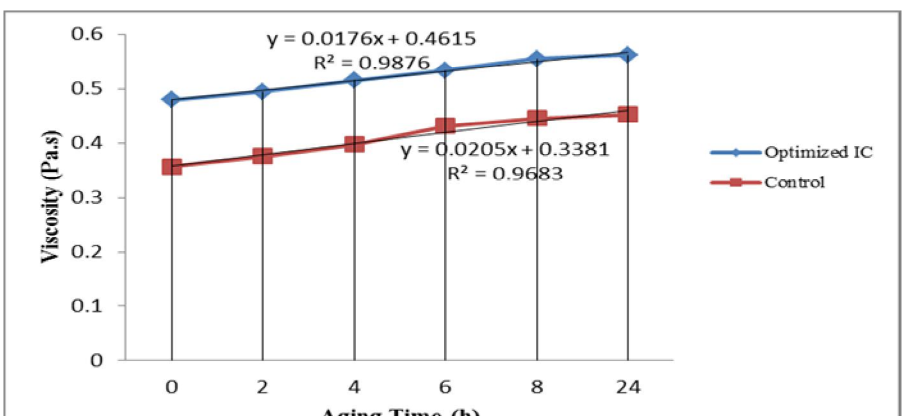


شکل 2- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری مخلوط بستنی گیاهی و معمولی در برابر درجه برشی

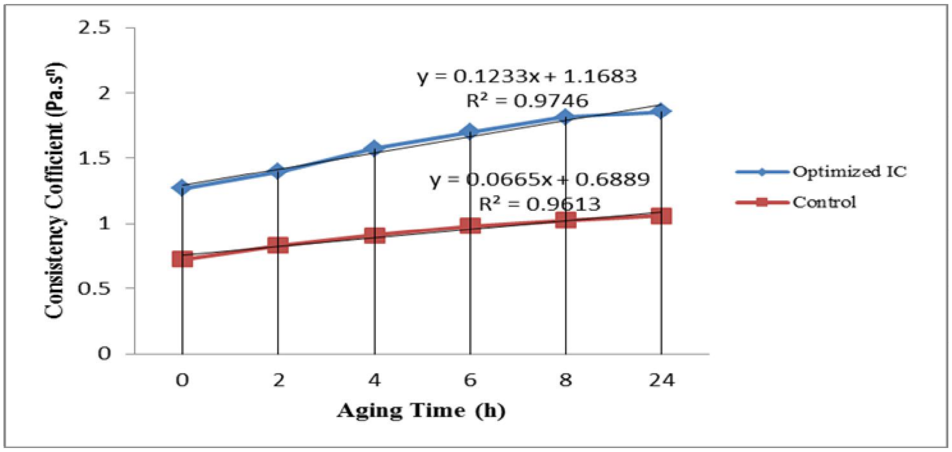
نتایج نشان داد که ویسکوزیته و ضریب قوام هر دو مخلوط بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی با افزایش زمان رسانیدن افزایش می‌یابد و شیب این افزایش در مورد ویسکوزیته تقریباً برای هر دو نمونه مورد بررسی یکسان بود (شکل 3). هرچه به انتهای زمان رسانیدن مورد بررسی نزدیک شدیم شاهد تغییرات کمتری در مورد ویسکوزیته بودیم بطوریکه از زمان صفر تا 8 ساعت ویسکوزیته نمونه مخلوط بستنی معمولی 0/88 و از زمان 8 تا 24 ساعت تنها 0/07 پاسکال در ثانیه تغییرات داشت. در مورد مخلوط بستنی بهینه شده نیز تغییرات از زمان 0 تا 8 ساعت 0/76 و از زمان 8 تا 24 ساعت تنها 0/07 پاسکال در ثانیه بود که می‌توان به صراحت بیان داشت تا زمان 8 ساعت ویسکوزیته مخلوط به اندازه کافی افزایش داشته و زمان‌های بعدی از نظر اقتصادی به هیچ عنوان مقرون به صرفه نمی‌باشند. بررسی ضریب قوام نمونه‌ها نیز نشان داد که تغییرات ضریب قوام مانند ویسکوزیته است با این تفاوت که شیب این تغییرات افزایشی برای مخلوط بستنی بهینه‌شده گیاهی بیشتر بود (شکل 4). ویسکوزیته و ضریب قوام مخلوط گیاهی بهینه‌شده از ابتدا تا انتهای مرحله رسانیدن از موارد مشابه نمونه مخلوط بستنی معمولی بیشتر بودند که می‌توان بیان داشت که دلیل اصلی بیشتر بودن ویسکوزیته و ضریب قوام مربوط به حضور پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدهای شیر سویا در آمیخته بستنی می‌باشد چرا که حضور این ترکیبات که دارای وزن مولکولی بالا هستند از طریق پیوند با آب و تشکیل شبکه ژلی، می‌تواند افزایش ویسکوزیته و ضریب قوام را توجیه کند و اهمیت این موضوع این است که ویسکوزیته یک عامل تأثیرگذار روی ضریب افزایش حجم، سرعت خامه‌ای شدن، نرخ انتقال جرم و حرارت و شرایط جریان شیر و فراورده‌های لبنی معرفی شده است (Bahramparvar *et al*., 2008).

مهدیان و همکاران (1390) اثر افزودن آرد سویا به بستنی ماستی را بررسی کردند که نتایج آن‌ها نشان داد که با افزودن آرد سویا و با توجه به میزان بالای پروتئین‌های سویا و قابلیت جذب بالای پروتئین‌های آن و همچنین با افزایش محتوای مواد عملکردی ضریب قوام نمونه بستنی افزایش می‌یابد. همچنین ضریب قوام تابعی از طبیعت ویسکوز مواد غذایی است. در ضمن نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی سویا همگی سودوپلاستیک بودند که با نتایج این پژوهش کاملاً همخوانی داشت. پژوهشگران گزارش کردند که جایگزینی ماده خشک بدون چربی با کنسانتره‌های پروتئینی سویا در ترکیب بستنی، ویسکوزیته نمونه‌ها را به‌طور مشخصی افزایش می‌دهد (Dervisoglu *et al*., 2005; Herald *et al*., 2008).

طی رسانیدن بستنی دو عمل مهم صورت می‌گیرد، اول اینکه امولسیفایرها جذب سطح گویچه‌های چربی شده و جای پروتئین‌های شیر را می‌گیرند که این عمل به کمک سرد شدن مخلوط انجام می‌گیرد، چراکه مونو و دی گلیسریدها متبلور شده و متعاقب با آن آبگریزتر شده و با قدرت بیشتری جذب گویچه‌های چربی می‌گردد. دومین فرآیند در طی رسانیدن، تبلور چربی در داخل قطرات است (جنگی و همکاران، 1385) به عبارت دیگر نگهداری در دمای پایین در طی چندین ساعت باعث شروع کریستالیزاسیون چربی، جذب پروتئین‌ها و امولسیفایرها به سطح گلبول های چربی و آبگیری پروتئین‌ها و پایدارکننده‌ها می‌گردد که نتیجه همه این موارد افزایش ویسکوزیته و افزایش ضریب قوام مخلوط بستنی می‌باشد (Goff, 1997).

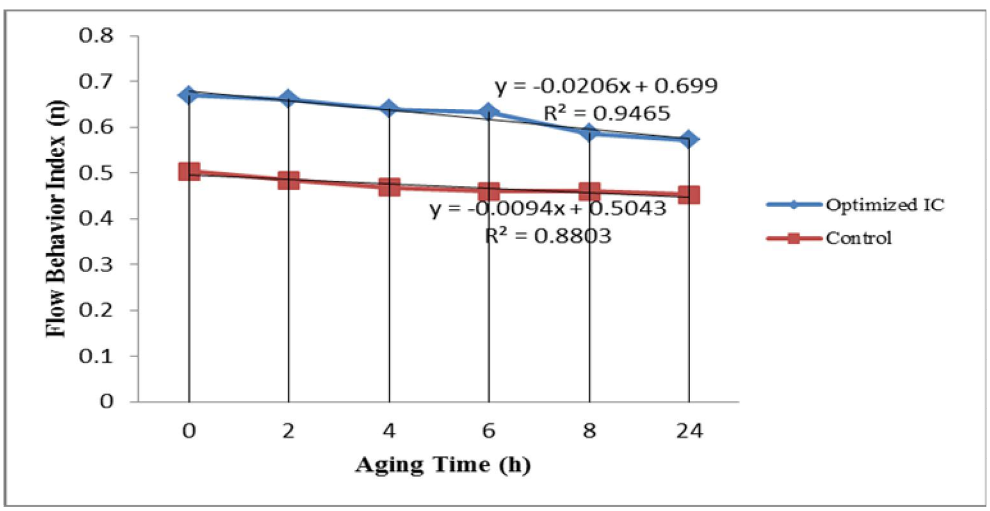


شکل 3- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری مخلوط بستنی گیاهی بهینه و معمولی



شکل 4- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات ضریب قوام مخلوط بستنی گیاهی بهینه و معمولی

نتایج مربوط به بررسی اندیس جریان برای مخلوط نمونه‌های بهینه شده گیاهی و مخلوط بستنی معمولی در شکل 5 آورده شده است. در همه زمان‌های رسانیدن مورد بررسی اندیس جریان برای هر دو نمونه کاهش یافت که مانند ضریب قوام شیب تغییرات برای نمونه گیاهی بیشتر بود، بطوریکه اندیس جریان برای نمونه مخلوط بستنی معمولی از زمان 6 ساعت تقریباً بدون تغییر ماند اما این شاخص برای نمونه مخلوط بستنی گیاهی تا زمان 8 ساعت در تغییر بود و پس از آن مقدار تغییرات تا زمان 24 ساعت با شیب بسیار اندکی ادامه داشت. مقادیر کمتر از یک اندیس رفتار جریان (n) برای همه نمونه‌ها گویای این است که همه نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک (شل شونده با برش) دارند. هرچه اندیس جریان کمتر باشد نشان‌دهنده رفتار سودوپلاستیک بیشتر آن مخلوط است که نمونه‌هایی با اندیس جریان کمتر و گرانروی بالاتر، خاصیت خوشایند دهانی بیشتری دارند (Dail *et al.*, 1990). در پژوهشی شاخص رفتار جریان آمیخته بستنی را در حدود 0/7 ذکر کردند (Goff *et al.*, 1994) و در تحقیقی دیگر شاخص رفتار جریان آمیخته بستنی همراه با فیبر را بین 0/45 تا 0/81 عنوان کردند که با نتایج این پژوهش کاملاً همخوانی دارد (Soukoulis *et al.*, 2009).



شکل 5- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات اندیس جریان مخلوط بستنی گیاهی بهینه و معمولی

به‌نظر می‌رسد پارامترهای رئولوژیکی شامل ویسکوزیته، ضریب قوام و اندیس جریان هر دو نمونه بستنی گیاهی و بستنی معمولی با افزایش زمان رسانیدن دچار تغییرات مثبتی می‌شوند بطوریکه افزایش زمان رسانیدن به ثبات نسبی مطلوب برای متغیرهای ویسکوزیته و ضریب قوام بستنی معمولی نسبت به بستنی بهینه شده گیاهی کمتر می‌باشد.

بررسی تأثیر زمان رسانیدن بر تغییرات بافتی بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی

مقاومت بستنی به تغییر شکل زمانی که یک نیروی خارجی وارد می‌شود را سفتی می‌گویند که یک ویژگی بسیار مهم می‌باشد که تحت تأثیر تعدادی از فاکتورها از جمله نقطه انجماد اولیه (میزان قند)، مواد جامد، ضریب افزایش حجم و میزان و نوع پایدارکننده‌ها و ویسکوزیته قرار می‌گیرد (Muse *et al.*, 2004). نتیجه بررسی پارامترهای به‌دست آمده از آزمون نفوذ همه نمونه‌های بستنی تولید شده در جدول 3 آمده است. سفتی بافت، چسبندگی و قوام نمونه‌ها به‌عنوان شاخص‌های بافتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. سفتی بافت هر دو نمونه با افزایش زمان رسانیدن کاهش یافت که این روند کاهش سفتی در نمونه بستنی گیاهی بهینه شده نسبت به نمونه بستنی معمولی‌ها به‌طور معنی‌داری (P<0/05) بیشتر بود. سفتی بافت نمونه بستنی بهینه شده گیاهی در زمان صفر بسیار بالا و حدود 10576 گرم بود که نسبت به نمونه بستنی معمولی بسیار بالاتر بود و این مطلب مستلزم این است که بستنی بهینه شده گیاهی باید مرحله رسانیدن را طی کند. روند معنی‌داری تغییرات در نمونه بستنی گیاهی بسیار بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود که این روند تا زمان 24 ساعت ادامه داشت اما شدت تغییرات سفتی بافت در نمونه بستنی معمولی بسیار کندتر بود بطوریکه به‌نظر می‌رسد تا زمان 6 ساعت رسانیدن بستنی توانسته بافت بسیار مناسبی پیدا کند. از سوی دیگر بررسی قوام بافت نمونه‌های بستنی نیز نشان از روند کاهشی و معنی‌دار این پارامتر مانند سفتی نمونه‌ها داشت که این روند کاهشی با افزایش زمان رسانیدن برای نمونه بستنی بهینه شده گیاهی معنی‌دارتر (P<0/05) بود. در مجموع سفتی بافت و قوام بستنی گیاهی بهینه شده نسبت به نمونه بستنی معمولی به‌طور معنی‌داری (P<0/05) بیشتر بود. به نظر می‌رسد بستنی معمولی در طی 6 ساعت و بستنی بهینه شده گیاهی در بین زمان 8 تا 24 ساعت توانسته به قوام مطلوب دست پیدا کند. احتمالاً تغییر نوع و مقدار پروتئین و چربی در شیر گیاهی و شیر گاو با تاثیر بر خصوصیات عملکردی، اندازه و توزیع حباب‌های هوا و تشکیل کریستالهای بستنی بر سفتی بافت و قوام بستنی موثر بوده است. سفتی ممکن است به عنوان بازتابی از اجزای تشکیل‌دهنده آمیخته (چربی، پروتئین، قند و هیدروکلوئیدها) و شرایط فرآیند (هموژنیزاسیون، رسانیدن و انجماد) محصول نهایی منجمد باشد (Soukoulis *et al.*, 2009; Varela *et al.*, 2014). با کاهش دمای فرایند رسانیدن قابلیت زده شدن آمیخته بیشتر شده، زمان مورد نظر برای آبگیری پروتئین و پایدارکننده فراهم شده و ویسکوزیته به‌طور جزئی افزایش می‌یابد ، در نتیجه این موارد زمان مورد نظر برای نو آرایی غشاء و برهمکنش پروتئین-امولسیفایر را فراهم کرده و با توزیع مناسب گلبول های هوا در ساختار بستنی در مراحل بعدی بافت بستنی بهبود می‌یابد (Goff *et al.*, 2013).

جدول 3- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات خصوصیات بافتی بستنی گیاهی بهینه و معمولی

زمان رسانیدن	سفتی بافت (g)		ضریب قوام (mJ)		چسبندگی (g)	
	معمولی	بهینه شده	معمولی	بهینه شده	معمولی	بهینه شده
0	3450±12/2[a]	10576±32[a]	309/8±2/51[a]	1139/3±2/38[a]	9/1±0/22[c]	17/9±0/71[a]
2	2166±9/3[b]	8751±23[b]	184/3±2/62[b]	859/8±1/81[b]	8/8±0/19[a]	15/9±0/67[b]
4	1675±6/25[c]	8397±22[c]	160/6±1/29[bc]	853/6±1/07[b]	7/6±0/19[b]	14/2±0/62[c]
6	1386±5/23[cd]	5624±17[d]	119/3±2/13[c]	450/9±1/31[c]	7/3±0/21[b]	12/4±0/53[d]
8	1125±4/16[cd]	2417±10[e]	72/5±1/62[d]	208/7±2/11[d]	7/2±0/18[b]	8/1±0/68[e]
24	845±3/29[d]	1230±7[f]	71/5±1/07[d]	111/7±1/34[e]	6/9±0/17[bc]	5/3±0/42[f]

*حروف یکسان در هر ردیف نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار (P>0/05)است و حروف غیر یکسان در هر ردیف نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار (P<0/05)است.

چسبندگی به اثر ترکیبی نیروهای چسبندگی و پیوستگی و عوامل دیگری مثل ویسکوزیته و ویسکوالاستیسیته بستگی دارد (Adhikari *et al.*, 2001). در مقایسه زمان‌های ابتدایی رسانیدن، چسبندگی نمونه بستنی گیاهی بهینه شده به‌طور معنی‌داری (P<0/05) بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. به‌طورکلی نتایج بررسی این پارامتر نشان داد که (جدول 3) چسبندگی همه نمونه‌ها مورد بررسی با افزایش زمان رسانیدن کاهش پیدا کرد که روند تغییرات و کاهش چسبندگی در نمونه بستنی بهینه شده گیاهی نسبت به نمونه بستنی معمولی بسیار معنی‌دارتر (P<0/05) بود. به‌طور تقریبی مقدار شاخص چسبندگی در زمان 4 ساعت برای نمونه بستنی معمولی ثابت گردید و برای بستنی بهینه شده گیاهی تا زمان 24 ساعت روند کاهشی داشت. به‌نظر می‌رسد این زمان‌ها برای اتمام فرایند رسانیدن و بهبود این پارامتر کاملاً مناسب باشند.

بررسی تأثیر زمان رسانیدن بـر تغییـرات فیزیکـی (اورران و مقاومت به ذوب) بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی

همان‌طور که در جدول 4 آورده شده است زمان رسانیدن به‌طـور معنی‌داری (P<0/05) بر اورران نمونه‌های بستنی بهینه‌شده و معمولی مورد بررسی تأثیرگذار بوده است. با افزایش زمان رسـانیدن اورران در نمونه‌های بستنی به‌طـور معنـی‌داری (P<0/05) بیشـتر شـده اسـت بطوریکه شدت این تغییرات در نمونه بستنی گیاهی بهینه شده بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. در نمونه بستنی معمولی درصد اورران بعد از حدود 6 ساعت به مقدار مطلوبی می‌رسد کـه مقـدار مشـابه بـرای بستنی بهینه شده گیاهی حدود 8 ساعت بوده است. همـان‌طـور کـه کاملاً مشخص است (جدول 4) از زمان 8 ساعت تا 24 ساعت بـرای هر دو نمونه خصوصاً نمونه بستنی گیاهی تغییرات خاصـی در اورران صورت نگرفت. با توجه به ثابت بودن نـوع و مقـدار همـه ترکیبـات تأثیرگذار بر روی اورران شامل پایدارکننده‌ها، مقـدار مـاده خشـک و چربی و همچنین روش تولید یکسان نمونه‌های بستنی، به‌نظر می‌رسد تغییر نوع و مقدار پروتئین‌های مورد استفاده خصوصاً کازئین در شـیر گاو برای استفاده در بستنی بر افزایش اورران در نمونه‌هـای مختلـف تأثیرگذار بوده‌اند و در برخی موارد در نمونه‌های گیاهی توانسته‌اند در ایجاد اوررانی معادل بستنی معمولی نقش بسزایی داشته باشند. بستنی بهینه شده با شیرهای گیاهی اورران بسـیار مطلـوبی در حـد بسـتنی معمولی داشت که با توجه به درصد و نوع پروتئین بالای آن خصوصاً وجود پروتئین‌های سویا و نقش بدون انکار آن‌ها در پایدارسازی گلبول های هوا می‌توان این نتایج را توجیه کرد. عامری و همکاران (1390) بیان داشتند که پروتئین‌های سویا توانایی تشکیل کف بسـیار خـوبی داشته و قادر هستند نقش مؤثری در محصولات غذایی حجیم داشـته باشند. از سوی دیگر در طی فرایند رسانیدن مخلوط بستنی، پروتئین‌ها و پایدارکننده‌های موجود در فرمولاسـیون بسـتنی آبگیـری کـرده و موجب افزایش ویسکوزیته می‌شـوند و فضـا را بـرای حفـظ و توزیـع مناسب سلول‌های هوا فراهم می‌آورند کـه در نتیجـه اورران افـزایش می‌یابد. در اندازه‌گیری درصد اورران نمونه‌های بستنی باید بیان داشت با توجه به استفاده از دستگاه بستنی‌ساز آزمایشـگاهی مقـدار اورران مطلوب را می‌توان بین 30-28 درصد بیان داشت. مهدیان و همکاران (1390) اثر کاربرد آرد کامل سویا بر خصوصیات بستنی را مورد بررسی قراردادند که نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن بود کـه افـزایش درصـد جایگزینی ماده جامد بدون چربی با آرد سویا در سطح بالاتر از 45 درصد، باعث بهبود میزان افزایش حجم نمونه‌ها گردید به‌طوری که این میزان بـرای نمونـه 65 درصـد آرد سـویا بـالاترین (28 درصـد) بـود. در پژوهش‌های مختلف مقادیر پایین برای ضریب افزایش حجم بسـتنی معمولی به‌دست آوردند و آن را به کـارا نبـودن دسـتگاه بسـتنی‌سـاز مرتبط کردند که بـا نتـایج ایـن پـژوهش همخـوانی کـاملی داشـت (Bahramparvar *et al.*, 2011; Bahramparvar *et al.*, 2012).

جدول 4- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات خصوصیات فیزیکی بستنی گیاهی بهینه و معمولی

زمان رسانیدن	اورران		مقاومت به ذوب	
	معمولی	بهینه شده	معمولی	بهینه شده
0	14/69±0/22[a]	16/12±0/42[a]	37/75±0/47[a]	35/14±0/52[a]
2	22/67±0/31[b]	18/16±0/52[b]	48/82±0/64[b]	48/17±0/73[b]
4	26/41±0/49[c]	22/17±0/61[c]	59/28±0/76[c]	57/18±0/94[c]
6	29/48±0/45[d]	25/36±0/68[d]	68/9±0/52[d]	65/35±0/90[d]
8	30/27±0/59[d]	27/86±0/61[e]	76/78±0/96[e]	72/65±1/3[e]
24	30/5±0/46[d]	28/64±0/48[e]	79/67±0/95[ef]	83/39±1/1[f]

*حروف یکسان در هر ردیف نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار (P>0/05)است و حروف غیریکسان در هر ردیف نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار (P<0/05)است.

کیفیت ذوب مناسب، به خصوص در بستنی‌های چـوبی و قیفـی اهمیت بالایی دارد. به دلیل اینکه اگر بستنی خیلی سریع ذوب شـود، قابلیت خوردن مناسب را از دست می‌دهد. به علاوه، چنین محصولی به راحتی در معرض شوک حرارتی قرار مـی‌گیـرد. در مقابـل شـوک، ذوب خیلـی آهسـته نیـز در بسـتنی یـک نقـص بـه شـمار مـی‌رود (Bahramparvar *et al.*, 2011). نتـایج ایـن پـژوهش نشـان داد (جدول 4) که در مجموع درصد مقاومت به ذوب نمونه بستنی گیاهی بهینه شده و نمونه بستنی معمولی بسیار به همدیگر نزدیک بوده و با افزایش زمان رسانیدن درصد مقاومت به ذوب نمونه‌ها به‌طور کـاملاً معنی‌داری (P<0/05) افزایش یافت، اما این افزایش در نمونه بستنی بهینه‌شده گیاهی بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. همـان‌طـور کـه مشاهده می‌گردد (جدول 4) این روند افزایشـی مقاومـت بـه ذوب در طی فرایند رسانیدن از زمان 8 ساعت به بعد بسیار کند شده و تقریبـاً برای هر دو نمونه یکنواخت بوده است که شیب ایـن افـزایش بـرای نمونه گیاهی بیشتر بود. پروتئین‌های سویا و نقش عملکـردی آن‌هـا خصوصاً جذب آب بالای آن‌ها در این زمینه نقـش بسـزایی دارد. بـا

توجه به بیشتر بودن درصد پروتئین موجود در ماده خشک بستنی گیاهی بهینه شده می‌توان بیان داشت که گروه‌های عاملی هیدروفیل آن، آب آزاد بیشتری را به صورت آب هیدراسیون درآورده و با کاهش آب آزاد باعث افزایش میکرو-ویسکوزیته در فاز غیر منجمد (سرم) بستنی و در نتیجه افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند. املاح نیز با افزایش پایداری امولسیون سبب افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند (Damodaran *et al.*, 2007) و به این ترتیب زمان بیشتری برای انتشار آب در این فاز و همچنین جریان آن از داخل به خارج بستنی و سپس چکه کردن از سوراخ‌های توری فلزی مورد استفاده در آزمایش مورد نیاز می‌باشد (Bahramparvar *et al.*, 2008). نتایج گرفته شده از ویسکوزیته در شکل 3 نیز نشان از وجود یک افزایش معنی‌دار در ویسکوزیته مخلوط بستنی گیاهی و بستنی معمولی در طی زمان رسانیدن داشت که با توجه به این نتیجه افزایش مقاومت به ذوب را می‌توان به افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون آمیخته بستنی نیز نسبت داد؛ بنابراین می‌توان گفت تمام مکانیسم‌های مؤثر بر افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون روی مقاومت به ذوب بستنی تأثیرگذارند. والسترا و همکاران (1995) در پژوهشی بیان داشتند که مخلوط بستنی که از ویسکوزیته بالاتری برخوردار است مقاومت به ذوب آن نیز بالاتر می‌باشد (Walstra *et al.*, 1995).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش به‌طور کلی نشان داد که زمان رسانیدن بر روی همه پارامترهای مورد بررسی و برای هر دو نمونه بستنی گیاهی بهینه شده با شیر سویا و کنجد و بستنی معمولی تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و طی فرایند تولید مرحله رسانیدن به‌طور قطع باید برای بهبود کیفیت فیزیکوشیمیایی و بافتی به نحو مطلوبی اعمال گردد. مقادیر و ساختارهای متفاوت پروتئین‌های موجود در فرمولاسیون بستنی گیاهی و بستنی معمولی از جمله کازئین از مهم‌ترین علل تأثیرگذاری بر پارامترهای مختلف و همچنین تعیین بهترین و اقتصادی‌ترین زمان برای هر کدام از دو نوع بستنی بودند. در بستنی معمولی با وجود اینکه مقدار پروتئین کمتری در فرمولاسیون نهایی بستنی وجود داشت، اما با توجه به مقدار بیشتر کازئین و نقش عملکردی و مهم آن در ایجاد خصوصیات مهم مانند اورران و مقاومت به ذوب، بستنی معمولی در زمان کوتاهتری و در حدود 6 ساعت توانست در اکثر پارامترهای مورد بررسی مانند بافت، قوام، اورران و مقاومت به ذوب به مقادیر مطلوبی برسد و اما این مقادیر برای بستنی گیاهی تا حد 8 ساعت و گاهی بالاتر بودند. به‌نظر می‌رسد در این زمان‌ها می‌توان بهترین شرایط کیفی و اقتصادی را برای بستنی گیاهی و معمولی فراهم آورد. در نهایت می‌توان بیان داشت با توجه به وجود جمعیت زیاد گیاهخواران در ایران و سراسر دنیا و از سوی دیگر امکان تولید بستنی بدون لاکتوز برای افراد حساس به لاکتوز میتوان بر روی تولید بستنی بر پایه شیرهای گیاهی و بهبود فرآیند آنها از جمله مرحله رسانیدن پژوهش‌های بیشتری انجام داد.

منابع

Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R. and Truong, V., 2001. Stickiness in foods: a review of mechanisms and test methods. *International Journal of Food Properties*, 4, 1-33.

Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M.J. and Pourazarang, H., 2014. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. LWT-*Food Science and Technology*, 57, 299-305.

Akalın, A.S., Karagözlü, C. and Ünal, G., 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227, 889-895.

Asadinejad, S.h., Habibi Najafi, M.B., Razavi, S.M.A., Nasiri Mahallati, M., 2007. Effect of Stabilizers and Aging Times on Physicochemical and Organoleptic Properties of Soft Ice Cream, 18th Natianal Congress on Food Technology, Mashahd, Iran.

Bahramparvar, M. and Mazaheri Tehrani, M., 2011. Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27, 389-407.

BahramParvar, M. and Razavi, S., 2012. Rheological interactions of selected hydrocolloid–sugar–milk–emulsifier systems. *International Journal of Food Science & Technology*, 47, 854-860.

Bahramparvar, M., Hadad, K.M.H. and Mohamad, A.A., 2008. Effect of substitution of carboxymethylcellulose and salep gums with Lallemantia royleana hydrocolloid on ice cream properties. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 4, 37-47.

Dail, R.V. and Steffe, J.F., 1990. Rheological characterization of crosslinked waxy maize starch solutions under low acid aseptic processing conditions using tube viscometry techniques. *Journal of Food Science*, 55, 1660-1665.

Damodaran, S., Parkin, K.L. and Fennema, O.R. eds., 2007. Fennema's food chemistry. *CRC press*.

Dervisoglu, M., Yazici, F. and Aydemir, O., 2005. The effect of soy protein concentrate addition on the physical, chemical, and sensory properties of strawberry flavored ice cream. *European Food Research and Technology*, 221, 466-470.

Escamilla□Silva, E.M., Guzmán□Maldonado, S.H., Cano□Medinal, A. and González□Alatorre, G., 2003. Simplified process for the production of sesame protein concentrate. Differential scanning calorimetry and nutritional, physicochemical and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 972-979.

Goff, H. D. and R. W. Hartel (2013). Ice Cream. New York Springer.

Goff, H.D., 1997. Colloidal aspects of ice cream—a review. International Dairy Journal, 7, 363-373.

Goff, H.D., Davidson, V.J. and Cappi, E., 1994. Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperatures. *Journal of dairy science*, 77, 2207-2213.

Herald, T.J., Aramouni, F.M. and ABU□GHOUSH, M.H., 2008. Comparison study of egg yolks and egg alternatives in French Vanilla ice cream. *Journal of texture studies*, 39, 284-295.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Isiri Number 639. Milk and Products_ Determination of the Total N (Kjeldahl).

Jangi, B., Mashkoh, A., 2003. Science technology of ice cream. Ayiizh Press, First Edition.

Jihad M. Ayman S. Khaled A. 2009. Development of Vegetable Based Milk from Decorticated Sesame (*Sesamum Indicum*). *American Journal of Applied Sciences* 6, 888-896

Kwok, K.C., Liang, H.H. and Niranjan, K., 2002. Optimizing conditions for thermal processes of soy milk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 4834-4838.

Mahdian, E., Mazaheri Tehrani, M., Shahidi, F., 2011. Evaluation of the effect of Soy Flour on Rheological properties of ice cream. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8, 107-114.

Mortazavi, S.A., Ghods Rohani, M., Joyandeh, H., 2003. Technology of Milk and Dairy Products. Ferdowsi University Press. First Edition.

Muse, M.R. and Hartel, R.W., 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of dairy science*, 87, 1-10.

Shahrabi, A.A., Badii, F., Ehsani, M.R., Maftoonazad, N. and Sarmadizadeh, D., 2011. Functional and thermal properties of chickpea and soy-protein concentrates and isolates. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 6, 49-58.

Soukoulis C., Lebesi D., and Tzia C. 2009. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115, 665–671.

Soukoulis, C., Chandrinos, I. and Tzia, C., 2008. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. LWT-*Food Science and Technology*, 41, 1816-1827.

Varela, P., Pintor, A. and Fiszman, S., 2014. How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. *Food hydrocolloids*, 36, 220-228.

Walstra, P., 1995. Physical chemistry of milk fat globules. *Advanced dairy chemistry*, 2, 131-178.

Yeganehzad, S., Tehrani, M.M., Shahidi, F. and Zayerzadeh, E., 2009. Study on the effect of soymilk on survival of Lactobacillus acidophilus, physicochemical and organoleptical properties of probiotic yoghurt. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16, 165-173.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 4, Oct- Nov 2017, p. 528-539

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 13، شماره 4، مهر - آبان 1396، ص. 539-528

An investigation on the effect of aging time on the physicochemical, rheological and textural properties of vegetable-based ice cream of soy and sesame

S. Ghaderi[1], M. Mazaheri Tehrani*[2], S. M. A. Razavi[2]

Received: 2016.05.06
Accepted: 2016.11.09

Introduction: In the food industry, it is preferred to alter the formulations rather than modifying the legislations, so as to reduce the risk of facing consumer health. For instance, animal fats and oils could be replaced with vegetable oils to manufacture products with low cholesterol and saturated fatty acids. Application of vegetable-based products like vegetable-based milks as the sources which provide vegetable proteins and lipids in ice cream not only incorporates the nutritional values and health-promoting effects of vegetable compounds into ice cream, but also leads to the production of a novel product with specific properties such as lactose-free products, which could be attractive and useful for consumers. Soymilk is avegetable-based milk with a suitable lipid and protein content. The main objective of this study was to investigate the aging time on physicochemical, rheological and textural changes of vegetable-based ice cream of soy and sesame, compared with the typical ice cream.

Materials and methods: Optimization of the vegetable-based ice cream was carried out by the textural parameters related to each other using RSM and the D-optimal design. The best soymilk: sesame milk ratio was found to be 55:45. Subsequently, all parameters including overrun, melting resistance, rheological properties and the textural variables during the aging times of 0, 2, 4, 6, 8 and 24 hours were examined for the evaluation of aging. The textural variables were measured in this method that after the 50-g samples of vegetable-based and typical ice creams were kept at ambient temperature for 5 min. A texture analyzer (Brookfield CT3-10kg,US) was employed to analyze their texture. To that end, a probe of 6 mm in diameter was selected to penetrate 15 mm into the sample at a rate of 2 mm/s. Rheological analysis was measured in this method that after 24 h of aging, the apparent viscosity of the ice cream mix samples was determined using a rotational viscometer (Bohlin Model Visco 88, Bohlin instruments, UK) equipped with a thermal circulator (Julabo, Model F12-MC, Julabo Labortechnik, Germany) with the shear rat of 51.8 1/s at 5±0.5°C.

Results and discussion: Investigation of the rheological and textural behavior of the samples showed that aging was significantly ($p<0.05$) effective on these properties in particular, viscosity, consistency coefficient and stiffness, as the slope of the changes was higher for the vegetable-based ice cream during aging. Also, overrun and melting resistance significantly ($p<0.05$) increased during aging so that the melting resistance of the vegetable-based ice cream was higher than that of the typical ice cream, contrary to overrun.

Conclusion: Overall, the best aging times of the vegetable-based and typical ice creams were 6 and 8 hours, respectively. The difference in the type and content of proteins, especially casein in the formulations was definitely the most important reason behind the changes in both types of the ice creams during aging.

Keywords: Aging, Vegetable- based ice cream, Soy, Sesame.

1 and 2. Ph.D. Student and Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Fculty, Ferdowsi University of Mashhad.
(Corresponding author's Email: mmtehrani57@gmail.com)